

「溶解・溶液」教材の指導における問題点(2)

— 「溶液の均一性」に関する理解度調査を通して—

源田智子・甲斐大介*

Problems found in teaching of 'Dissolution and Solution'(2)
— A survey on the degree of understanding in the Concept
'Homogeneity of solution'—

Tomoko GENDA・Daisuke KAI

(Received September 25, 2009)

I はじめに

自然科学の中の化学において、物質の性質を明らかにする場合や化学反応を行わせる場合に、溶液状態がしばしば用いられてきたように、小学校・中学校の理科(化学)授業において「溶解・溶液」に関する内容が大きく扱われている。すなわち、小学校では第5学年および第6学年の「B 物質とエネルギー」領域の中で、また、中学校では第1分野の「(2)身の回りの物質とその変化、イ 水溶液」の中で扱われている¹⁾。このように「溶解・溶液」が、小学校、中学校で扱われている化学分野の基本項目の1つであるのは、溶解現象が日常的にみられる現象であること、教育の現場で典型的な実験を行う場合、実験操作が比較的簡単であること、また実験の際に危険性が少ないことなどから教材として扱いやすいからだと考えられる。また、井出は、「小学校理科において「溶解・溶液」教材が用いられるのは児童の物質観における重要な部分の確立を目指しているからである」とし²⁾、さらに栗田は、「溶解現象の中で重要な部分として「溶液の均一性」、「濃度」、「溶解度」および「物質の保存」が位置づけられ、特に「溶液の均一性」と「物質の保存」は化学における基本的概念である」と述べている³⁾。溶液を扱う化学分野の事象は拡散や溶解現象そのものなどを除き、「溶液の均一性」が成り立っていることを前提として考察されている。したがって、「溶解」を学習する過程において「拡散」の現象を理解し、その「拡散」についての理解を踏まえて「濃度」の学習の過程で「溶液の均一性」の理解ができるようにならなければならない^{3),4)}。しかしながら、これまでの多くの研究結果からは、溶解現象に関する理解度が必ずしも良いものではないこともわかっている。例えば、「溶液の均一性」の概念は小学校4年生で約10%の定着率しかないこと⁵⁾、中学生あるいはそれ以上の一般成人からも誤解されていることが多いこと^{1),6)}などが報告されている。

また、これまでの教科書の多くが単元の最初の部分で「溶けて透明になる」ことを押さえることから学習が始まっている。「溶ける」という現象は巨視的には透明で均一な溶液をつくること、微視的には溶質がイオンの大きさ(10^{-3} cm)程度の分子またはイオンになって溶媒中に混じり合うことである。したがって、日常生活で接する機会の多い石けん水・牛乳・みそ汁・

*兵庫県西宮市立瓦林小学校

コーヒー・泥水などは溶質分子が多数集まり $10^{-5} \sim 10^{-7}$ cm程度の大きな粒子として溶液中に分散し、透明で均一な溶液をつくらないので、「溶ける」という言い方は正しくない。しかし、食塩の溶解に対する子どもたちの捉え方として堀らは、「泥水と似ているからだんだんきれいになる」といった表現を用いたり、食塩が溶けた状態を「にごっている」と表現する子どもが多く見られる。子どもたちがコロイド溶液と水溶液とを混同していることが考えられ、このことには日常経験が大きな影響を表している」と述べている。⁷⁾

このような小学生の溶解に対する理解の状況を踏まえた上で、小学校教員を希望している学生が「溶液の均一性」についてどの程度理解しているのかということに興味をもち、前回調査をおこなった⁸⁾。調査項目を要約すると、様々な調整条件で食塩（塩化ナトリウム）と水の混合物をつくり、その液体部分の上部、中部および下部における食塩水の濃度の相違についての考えを質問したものである。その結果、かくはんを加えるといった理想的な溶解状態についての質問に対しては正答率が高く、表面的にはわかりにくい過渡的現象が起こっている場合、あるいは固体残留物がある場合、長時間放置など特別な条件が加わっているようにみえる場合には正しい判断が揺さぶられているということがわかった。「溶解・溶液」の学習は小学校から始まっており、大学生にとっては既習の事項でありながら、必ずしも均一性の概念が定着しているとは言えないし、このような状態のままでは、児童生徒に教材の単なる表面的な部分しか伝えることができないと結論づけた。

そこで、今回、1984年に行った「溶液の均一性」についての調査と同じような内容で、大学生を対象に理解度調査を行い、先の調査以降の学習指導要領の変遷などが理解度に影響しているのか、また「溶解・溶液」現象を理解する上でどのような事が問題になるのか考察を試みた。

II. アンケート調査

1. 調査の目的

次のようなことを目的として調査を行った。なお、アンケートについては末尾に掲載した。

(目的 I) 溶解の学習を終えた大学生の認識状態を明らかにする。

(目的 II) 1984年の結果と比較し認識状態に違いがあるのか、あるとすればその原因はどこにあるのかを検討する。

質問内容は目的 II をふまえ、問 3 の質問を1984年のものと同じにした。回答方法は1984年に用いた、回答例に従い図示する方法に加え、回答をより正確に分類検証できるよう、文章による説明も求めた。

2. 調査期日及び対象

調査は山口大学教育学部の2006年度教科教育法理科（3年次開講）の受講生89人（男子24人、女子65人）を対象に、前半の講義終了後（5月末）に実施した。なお、対象学生は教科教育法理科と2年前期に開講されている初等科理科と併せて、物理・化学・生物・地学の全領域を学習するようになる。また教科教育法理科は1期を前半・後半に分けて、物理・化学2領域を受講する2班と生物・地学2領域を受講する2班がそれぞれ、前半・後半を通して2領域を修得することになっており、この教科教育法理科前半・後半の授業の間に教育実習を行うことになっている。従って調査までに教育学部において化学領域を受講していない対象者はおよそ4分の1程度である。

Ⅲ. 調査結果と考察

以下、アンケートの質問項目毎に結果及び考察を記述した。

1. 理科の好き嫌いについて

質問1. あなたは理科が好きですか？

質問1の回答として①好き51人(男20人、女31人)、②嫌い35人(男3人、女32人)、③普通3人(男1人、女2人)の結果を得た(図1)。

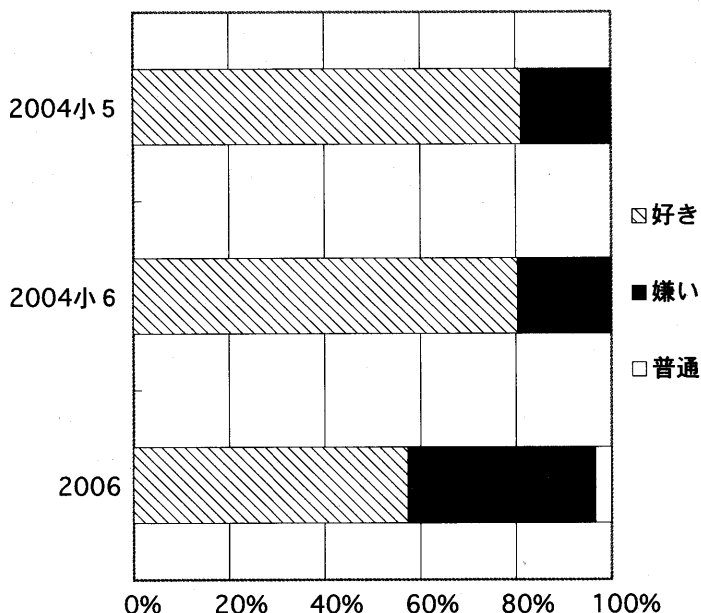


図1. 「理科」の好き嫌いについて
～小学生と大学生の意識の比較～

図1のグラフは理科に対して持っている印象を小学生と大学生とで比較したものである。なお、小学生のデータは2004年村井の調査によるもので、対象となった児童数は6年生136人、5年生154人である⁹⁾。結果から、小学生は80%の生徒が「理科が好きである」と答えているにもかかわらず、大学生は50%強と大幅に減少していることがわかる。また嫌いな理由には、「難しい」「実験が嫌い」「覚えることが多い」などがある。『理科』は観察実験を通して自分で活動し科学的法則や自然現象を確認できる教科であるが、実験自体に興味を持ってないといった者もいる。中には実験で得られた結果を理論や法則と結びつけて考えたり、発展させることが苦手な者もいると思われる。また堀らの研究報告の中で触れられているように、国立教育研究所が行った「第2回国際理科教育調査」の報告結果⁷⁾に見られた‘学年があがるにつれ理科嫌が増える’傾向の一端がこの結果にも表われている。すなわち、追跡調査ではないので一概には言えないが、小学生の頃に好きだった教科が学習を重ねるうちに苦手意識が増えていくのは、早い段階では実験や観察などが楽しい事であったのが、それらに科学的概念による実証を重ねていくうちに理解しづらくなり嫌いになっていくのではないかと考えられる。

なお、本調査における質問1の内容は、村井の調査と比較するため同じ質問を使った。小学

生に対してこの質問をした場合には、その時点での履修状況に関して回答する。しかし、大学生に対し同じ質問をした場合、大学までの12年間で学んできた理科すべてが対象か、小学校・中学校・高等学校あるいは現在のうちいずれの時代を対象にするかは明記しなかったため、どの時点を想定して回答するのかは、アンケート対象者個々の解釈に基づいて判断され、結果が不確かなものになってしまっている可能性がある。

2. 高校における化学の履修状況について

質問2. 高校時に化学を学習しましたか？

「均一性」や「拡散」については中学校で学習しているので、高校における履修の有無が結果に影響を及ぼすとは思えないが、高校で化学を学習していなければ、以降の回答には、より日常の経験に強く影響された傾向が表れることも考えられるので質問項目とした。結果、図2に示したように化学の未履修者が24名、27%いた。調査対象の学生は平成元年に改訂された高等学校学習指導要領に基づいて実施される授業を修得している。この平成元年改訂高等学校学習指導要領の第1章総則第3款「各教科・科目の履修」には「1、(5) 理科のうち「総合理科」, 「物理ⅠA」又は「物理ⅠB」, 「化学ⅠA」又は「化学ⅠB」, 「生物ⅠA」又は「生物ⅠB」及び「地学ⅠA」又は「地学ⅠB」の5区分から2区分にわたって2科目を履修すること」となっており化学を履修していない者もいることは考えられる。しかし、同章第7款「単位の修得及び卒業の認定」には「4 学校においては、卒業までに修得させる単位数を定め、校長は、当該単位数を修得した者で、特別活動の成果がその目標からみて満足できると認められるものについて、高等学校の全課程の修了を認定するものとする。この場合、卒業までに修得させる単位数は、80単位以上とする。なお、普通科においては、第2款の3及び4に規定する「その他の科目」及び「その他特に必要な教科」に関する科目に係る修得単位数は、合わせて20単位までを卒業までに修得させる単位数に含めることができる。」となっていること、さらに表1、「大学入試センター試験の科目別受験者数」¹⁰⁾に表れている地学の履修状況の少なさから考えると、化学未履修者の数は実際にはもう少し少ないと思われる。

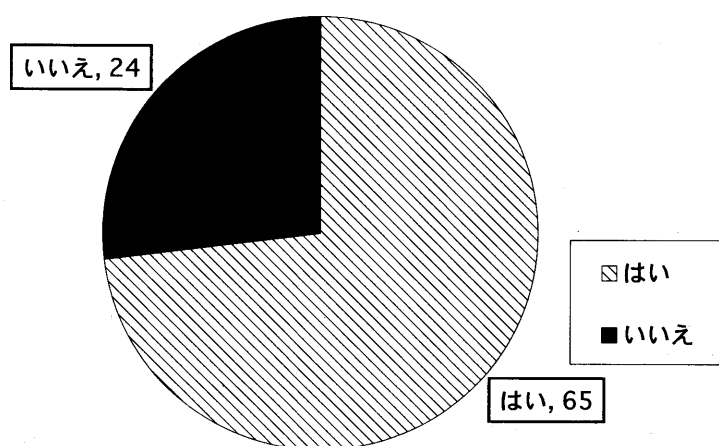


図2. 高校における化学履修状況 (人数)

表1. 大学入試センター試験の科目別受験者数(人数)

	平成19年度	平成18年度	平成17年度	平成16年度	平成15年度
物理	140,146	139,620	140,528	149,592	148,752
化学	198,420	197,974	209,839	219,416	201,745
生物	178,710	177,901	140,528	182,654	176,210
地学	27,427	26,111	18,795	19,373	23,646

(出典：独立行政法人，大学入試センターより)

3. かくはんを行わない食塩水溶液の状態について

質問3. 次のようにして食塩水をつくりました。ビーカーの溶液をほぼ3等分して、上部・中部・下部に分けた場合、その濃度はそれぞれどのようになっていると思いますか？

ただし、各実験はすべて温度一定の条件下で行ったものとします。

(1) 食塩を適量ビーカーに入れ、水を注ぎ込んだ後数分間経過した水溶液。

(かき混ぜていない水溶液)

a) 食塩の沈殿が残らなかった場合

b) 大部分が沈殿したまま残っていた場合

結果を表2に示し、比較のため1984年の調査結果も併記した。この質問における「かくはんしていない、数分間経過した」条件では、拡散だけで均一な溶液にはならず、固体の残留にかかわらず、均一な溶液は得られない。したがって不均一で下部の濃度が濃いというのが正答である。それにもかかわらず、「a、沈殿が残らなかった場合」の回答には均一とした者が多かった。「溶ける」という現象のみにとらわれて、溶解速度と拡散速度についての理解が充分ではないことがうかがえる。「b、沈殿が残っている場合」の回答には不均一とした者が多かった。しかし、不均一とした者全員が下部の濃度のみが濃くなっていると回答し、図3のように下部のみを濃く描いていることから「固体が残留することで不均一となる」という比較的単純な推論によって正解となっている者や、「時間経過によって食塩が下にたまる」といった誤った推論によって正解になった者が多数含まれていると思われる。

表2. かくはんしない食塩水溶液の状態についての認識(人数(%))

		2006調査結果(89名)		1984調査結果(114名)	
		a	b	a	b
均一		58(65)	20(22)	62(54)	15(13)
不均一	上部	1(1)	0	51(45)	97(85)
	中部	8(9)	0		
	下部	22(25)	69(78)		
無答		0	0	1(1)	2(2)

前回の調査結果と同じような結果になったが、今回の結果の方が正解率が低い。すなわち、今回の結果では食塩の状態を「溶けること」＝「均一になること」と比較的単純に結びつけて考える傾向がより強くなり、拡散速度についての認識が低いことが考えられる。このような差が生じた一つの原因として、対象学生が授業をうけた当時の基準となった学習指導要領の内容の違いが考えられる。すなわち前回調査の対象学生はほとんどが小学校では昭和43年改訂（46年試行）、中学校では昭和44年改訂（47年試行）、高等学校では昭和45年改訂（48年試行）の学習指導要領を基に指導を受けている。一方、今回の調査対象学生は平成元年改訂（小学校；平成4年試行、中学校；5年試行、高等学校；6年試行）の学習指導要領を基に指導を受けている。小・中学校の各指導要領に記されている授業時間を表3に示した¹⁰⁾。なお、高等学校の単位数は昭和48年試行では基礎理科6単位、物理、化学、生物、地学各Ⅰ、Ⅱが3単位ずつであり、「理科のうち「基礎理科」1科目または「物理Ⅰ」,「化学Ⅰ」,「生物Ⅰ」および「地学Ⅰ」のうち2科目」履修になっている。平成6年試行では総合理科4単位、物理、化学、生物、地学各ⅠA、ⅠB、Ⅱが2, 4, 2単位ずつで、「理科のうち「総合理科」,「物理ⅠA」又は「物理ⅠB」,「化学ⅠA」又は「化学ⅠB」,「生物ⅠA」又は「生物ⅠB」及び「地学ⅠA」又は「地学ⅠB」の5区分から2区分にわたって2科目」履修することになっている。どちらの年代でも各学校により卒業までに修得させる各教科・科目およびその単位数を定めることができることになっている。このように2回の調査において、小・中学校における授業時間数が異なっており、前回調査対象者は小学校低学年から理科の授業が十分確保されているため、同じ「溶解」項目でも深く時間をかけて修得できたことが考えられる。また、高等学校での履修については今回の調査対象者の履修しうる「化学ⅠA」の内容では、身の回りの現象に重点が置かれていること、また「化学」を履修していない者もいると思われる。従って、学習指導要領の変遷が理解度の差に多少なりとも影響することは明らかである。

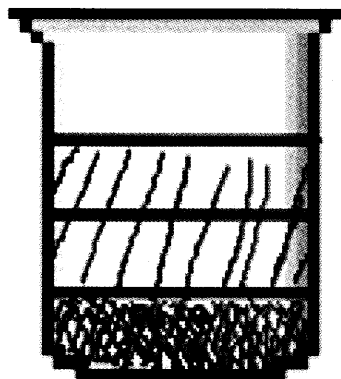


図3 質問3(1)についての回答例

表3. 学習指導要領に基づく小・中学校における理科の授業時間数

試行年	小 学 校						中 学 校			
	昭和46年						平成4年	昭和47年	平成5年	
学 年	1	2	3	4	5	6	3～6	1～3	1, 2	3
時間数	68	70	105	105	140	140	105	140	105	105～140

4. かくはん後の食塩水の状態について

質問3

(2) 食塩を適量ビーカーに入れ、水を注いだ後数時間十分にかき混ぜた水溶液。
(かき混ぜた水溶液)

- a) 食塩の沈殿が残らなかった場合
- b) 大部分が沈殿したまま残っていた場合

結果を表4に示した。今回の調査ではa、bどちらも均一とした者が半数近くいた。しかし、固体が残留する場合(b)では溶液の濃度が均一にならないと考えている者が46%いた。このことは単に「溶液の均一性」の理解ばかりでなく、「溶液平衡」についての理解が不足していることをうかがわせる。沈殿がのこっている場合にみられる「均一性」に対する理解不足は予想以上であり、前回調査結果と比較しても正解率が下がっている。また、不均一と回答した者の大多数が図4のように描いていることから、水溶液の意味の理解不足から溶け残った食塩が存在する部分の濃度が濃くなるとらえていると推測できる。前回調査の報告論文で明らかにしたように、固体残留物がある場合、正しい判断が揺さぶられることを今回の調査でも確認することができた。このことに関しては、堀らが小学生の捉え方について、「食塩は重いので、溶けた食塩は下に沈む」のように、溶解に対する子どもの考え方において溶質の重さの考え方と均一性の考え方が密接に関係しており、また、溶液中の食塩の多様な存在状態(蒸発する、泡となる、水を吸収する、空気を含むなど)を想定している子どもに対して、溶質が全体に(均一に)存在していることを捉えさせるのは極めて難しい」と述べている⁷⁾。この意見を併せ考えると小学生の頃に十分な理解をしないままで過ごした場合、大学生でも同様な考えを持つことは考えられる。

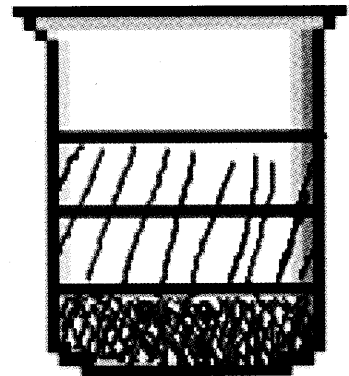


図4 質問3(2)の回答例

表4. かくはんした場合の食塩水溶液の状態についての認識 (人数(%))

		2006調査結果 (89名)		1984調査結果 (114名)	
		a	b	a	b
均 一		88 (99)	48 (54)	112 (98)	74 (65)
不 均 一	上 部	0	0	2 (2)	39 (34)
	中 部	0	0		
	下 部	1 (1)	41 (46)		
無 答		0	0	0	1 (1)

5. かくはん後放置した場合の食塩水溶液の状態について

質問(3)

(2)の水溶液に蒸発を防ぐために密栓をし、その後放置した水溶液。

(充分にかきまぜた後に放置する水溶液)

- a) 地球上で一日後の濃度
- b) 地球上で一週間後の濃度
- c) 無重力状態の宇宙で一週間後の濃度

いったん均一になった溶液は放置しても均一のままであるということは「溶液」のもっとも重要な性質の一つである。結果(表5)に表れているように、一日放置するだけで、約半数が

不均一になると考え、さらにより長く放置すると不均一になるとする回答が増加することからも、この問題の定着の困難さがうかがえる。無重力状態での溶解状況についてはcの結果から十分推測できていると考えられる。

前回調査の結果と比較した場合、aの正解率が大幅に低下している。すなわち、短期間の放置で溶液の状態が変化するという認識を持つ者が半数近く存在する。前回調査では短期間の放置では均一としたものの、長時間放置すると均一性に対する認識が揺らいでいる。しかしどちらの時代の教科書においても、「一度解けたものは時間をおいても沈まず均一である」と説明されており、概念を正しく理解していると仮定すると、日常生活における経験が回答に影響する傾向が今回の調査対象者の方に強く表れたということ、加えて、時間不足などにより知識が定着しずらくなったということが考えられる。つまり、今回調査の対象となった学生は、学習し知識を修得した後にも、それ以前に持っている素朴概念（必ずしも科学的とは言えない）あるいは日常生活における経験によって、考え方や判断になんらかの影響を受け、結果、それ以前に修得した知識がうすれたと考える。また、日常的に目にしている、ある程度粒子の大きなみそ汁や泥水など有色の水溶液が沈殿する状態の印象が強く、そのことと知識として得た「重力概念」とが合わさって誤った解釈が生まれたと考えられる。このことは、a、bで不均一とした者の大多数が「無重力」という明確な条件がついたcの回答では均一としていることから推論できる。「溶液の均一性」は時間経過に関係ない（一度均一になった水溶液は均一のままである）ということを理解するためには重力と水溶液の関係を適切に理解しておく必要がある。

表5. かくはん後放置した食塩水溶液の状態についての認識（人数(%)）

		2006調査結果 (89名)			1984調査結果 (114名)		
		a	b	c	a	b	c
均 一		47 (53)	41 (46)	78 (88)	111 (97)	42 (37)	110 (97)
不 均 一	上 部	0	0	3 (3)	1 (1)	67 (59)	0
	中 部	0	0	0			
	下 部	40 (45)	46 (52)	1 (1)			
そ の 他*		2 (2)	2 (2)	7 (8)	2 (2)	5 (4)	4 (3)

*ただし、1984年は無答。

IV. アンケート内容の検証 ～対流による影響について～

質問事項の「食塩を入れた後水をそそぐ」において、加える食塩が少量の場合、容器内の食塩に水を注ぎ込むことによって対流が起これ、かくはんなしでも溶液が均一になるのだろうかという疑問が生じた。そのため注ぎ込んだ水により対流が起これる可能性、またその影響について確認実験を行った。

[実験方法]

食塩 1g、0.5g、0.1g を100ml 三角フラスコと200ml ビーカーに入れ、水100ml を静かに注ぎ込み溶解までの時間を測定し、結果を表6に示した。結果から、実験に使用した程度の少量の食塩では、水を加えることで生じる対流により、短時間にすべてが溶解することはないと考えられる。また溶解後の食塩水はゆらぎ現象などによって明らかに下部の濃度が濃いことがみ

てとれた。実際に上部・中部・下部の水溶液を5mlずつ採取して水分を蒸発させ(図5)、蒸発乾固後得られた食塩の量を比較してみたが、下部の結晶の量が多かった。これらの結果から判断しても、少量の食塩に水を注いでも対流により溶液が均一になるには時間を要することが考えられる。

表6. 食塩の溶解時間に関する実験結果

		1g	0.5g	0.1g
三角フラスコ 100ml	1回目	33分32秒	14分37秒	4分18秒
	2回目	29分54秒	14分27秒	5分53秒
	3回目	34分51秒	13分04秒	6分10秒
ビーカー 200ml	1回目	30分02秒	14分07秒	5分44秒
	2回目	36分21秒	15分08秒	6分02秒
	3回目	37分16秒	18分47秒	7分31秒

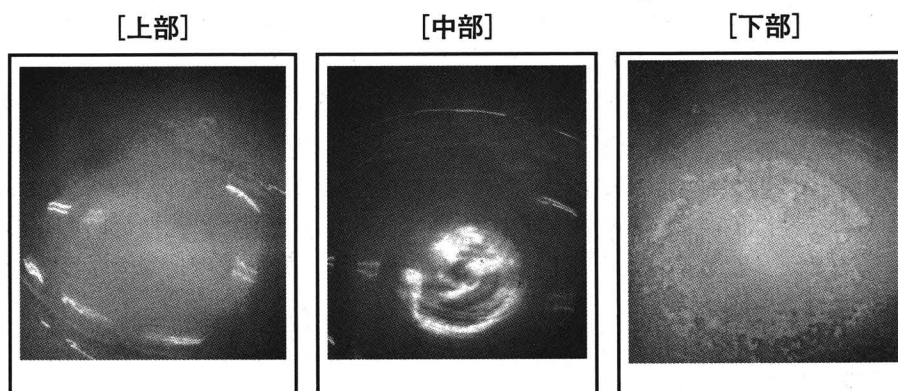


図5. 食塩水溶液中の上・中・下部の水分蒸発後の様子

さらに食塩の溶解速度を確認するために、食塩が完全に溶けるまでの時間を計測した。水100mlに対し食塩35.8gをいれホットスターラーを使い、20℃で1時間かくはんしたが、すべて溶けることはなかった。(化学便覧¹⁰⁾より、食塩の溶解度は20℃で溶媒100gに対し、37.85である。すなわち水100mlに対し食塩35.8gは十分に溶ける量である。)このことから食塩の溶解速度が極めて遅いことが確認できた。

V. 拡散を理解するための実験

アンケートの間3(1)で均一と答えた者が7割近くいた。「溶ける」という概念は小学校5年生で学習するが、単元「もののとけ方」では「ものが水にとけて全体に広がりすぎとおった液を水溶液という」となっている。また沖らは『小学校4年生から大学生までの溶解・溶液に関する調査』の中の、水に物質を吊るして溶かした時のシュリーレン現象についての調査結果から『均一』と回答した者が大学生で比較的多く見られ、学年進行とともにその傾向が強くなる。それは一方では、均一概念の定着を示すものとも言えるが、『溶液は均一なものである』とい

う概念が形成されると、溶解の初期の段階から均一に拡散すると考える者が多くなる。大学生にその傾向が比較的多くみられ、溶液はすぐに均一になると考え、拡散概念の概念形成があまり定着していないことがうかがわれる」と推測している¹³⁾。今回のアンケート結果でも「透明になる→溶ける=均一」と考えた学生が多く、拡散現象に対する理解が不十分であることが考えられる。小学校での「とける様子」の観察において拡散現象に対する正しい理解がえられれば、このようなことは少なくなると考える。そこで拡散の理解を高める試料や方法はないか検討してみた。また、小学校の教科書では硫酸銅や過マンガン酸カリウムという重金属を含む化合物を使用した視覚的にわかりやすいケースが掲載されているが、これらを使用すると廃液処理の問題が生じてくる。そこで、より身近なものの中に観察しやすいものがないか検討してみた。

〈Ⅰ 食塩(砂糖)が溶けた水溶液をかくはんする。〉

ビーカーの底に、濃度の濃いもやもやしたものが存在する(ゆらぎ現象)。これを観察することで下部の濃度の違いを理解させることができる。しかし水溶液が無色透明なため拡散の様子がわかりづらいという欠点がある。

〈Ⅱ 食用色素を溶かした液を水に入れたビーカーの底に入れる。〉

色の付いた部分が全体に浸透していくので少しずつ拡散していく様子はわかる。だが、時間がかかりすぎるのが欠点である。

〈Ⅲ メチルオレンジが入った水溶液の下部に6Nの硫酸をいれる。〉

硫酸が拡散された所では水溶液の色がオレンジから黄色に変色するので拡散の様子はわかりやすい。だがこれも(Ⅱ)同様に時間が必要であり1時間の授業では学習しづらい。

これらの実験ではいずれも、拡散する溶液(溶質)を水溶液(溶媒)の下部に入れることで、拡散現象における時間的経過の特徴について認識できるし、さらに、拡散に時間がかかる場合は拡散の様子をビデオなどに録画し早送りで見ることにより拡散速度に対する認識を深めることができるのではないかと考える。

Ⅵ. まとめ

全問を正解した者は9人(約10%)しかいなかった。前回の調査では、全問を正解した割合を調査しなかったので、問題別の正解率から判断すると、今回の結果は前回にくらべて低いものと思われる。結果で述べたように2回の調査における違いは学習指導要領に基づく理科の授業時間数の違いによるところが大きい。それに伴い学ぶ内容にも違いが生じ、前回調査の対象学生は十分に知識を詰め込まれた結果として日常経験に左右されなかったことも考えられる。ただし、この間にも学習指導要領は改訂されており、その度に調査していないために一概には言い切れない。

また、参考文献にもあるように多くの研究者たちが「科学概念」の修得には子どもたちのもつ素朴概念や日常の経験が深く影響すると述べている。このことは今回の調査結果にも表れており、基本的事項を学ぶ時期に個人のもっていた素朴概念や日常の経験の影響はその後の知識の修得にも何らかの影響を及ぼし「科学概念」の定着を妨げているものと思われる。中でも注目したいのは、前回・今回の調査において明らかになったように、均一概念があいまいに理解されると、固体残留物がある場合や、時間をおいた場合には均一概念が揺らぎ、その一方で、溶けた(見えなくなった)状態は常に均一であるという考えは、大人になってもなかなか払拭できないということが考えられる。溶解学習において均一性への理解を深められるような指導

を重視することが必要であると考え。

さらに「溶ける→拡がる→均一になる」という溶解現象における一連の流れに対する理解が均一性にこだわるあまり深められていないようである。前述したように沖らもこのことに言及しているが、実際に筆者が受け持っている教科教育法理科(化学)で行っている「溶解と拡散」の実験に対して学生たちが持っている観察視点や、提出されたレポートにも同様な傾向が表れている。すなわち、水に溶かした物質が全体に拡がったことを指して溶けたと表現し、透明性を問題にしない者が多く見られる。実験前には「透明に均一に」なることを指導しているが、全体に混ざる事のみ注目しているようである。また溶解速度の遅い硫酸銅なども実験で使用しているが、時間内には全体に拡散しないせいか、溶けないとする者が多い。溶け残りのあるものや均一に拡がっていないことにこだわるあまり、溶解に対する理解が不十分と思われる学生も見られる。溶解現象に関する学習における最も基本的な項目である「溶液の均一性」については拡散現象や溶解速度の違いによる溶解の様子の違いなどを含め、個々の現象についてじっくりと時間をかけた指導が重要であり、これは大学における指導においても注意すべきことと考える。

また、今回のアンケートでは回答パターンが大まかに4つのグループに分かれたため次のような型に分類してみた。全問正解する「万能型」、すべて均一と答え拡散について間違える「均一思考型」、固体が残留することで水溶液の濃度が変わると考えている「外見重視型」、時間が経過すれば沈殿し無重力なら均一と答える「重力重視型」の4パターンである。その内訳は「万能型」約10%、「均一思考型」約40%、「外見重視型」約15%、「重力重視型」約35%であった。これらのことから、拡散と重力の概念が溶解学習に非常に重要な影響を及ぼすことが考えられる。重力の概念は前述したように日常の経験によるところが大きいが、早い段階での学習において「溶解概念」をしっかり押さえることで影響を少なく抑える、あるいは影響されない知識の獲得ができるものと考え。

2回の調査で、「溶液の均一性」に関する理解度の低さを改めて実感できたし、どのような状況において理解に揺らぎが生ずるのかも見いだすことができた。しかし、継続的な調査にはなっておらず、また調査において対象者個々との対面調査は行っていないので、詳細についての考察は充分とは言えない。今後とも調査を進め、より理解度が増すような指導のあり方について検討する必要があると考えている。

Ⅶ. 謝 辞

本研究を行うに当たり調査に協力して下さった本学部教科教育法理科の受講学生の皆さんに感謝いたします。

Ⅷ. 参考文献

- 1) 小学校学習指導要領解説 理科編 文部科学省 1999
- 2) 井出耕一郎、化学教育 第22巻、第2号、p.125-128、1974
- 3) 栗田一良、理科の教育 第25巻、第11号、p.749-754、1976
- 4) 内田正男、理科の教育 第29巻、第12号、p.816-821、1980
- 5) 譽田鉄雄、理科の教育 第29巻、第12号、p.822-825、1980
- 6) 出野務、理科の教育 第29巻、第12号、p.806-810、1980
- 7) 堀哲夫・松森靖夫・浜田清彦、山梨大学教育学部研究報告、第47号、56~65、1996

- 8) 源田智子・右田耕人、山口大学教育学部研究論叢、第33巻、第3部、1984
- 9) 源田智子・村井義明、山口大学教育学部研究論叢、第55巻、第3部、2005
- 10) 「過去のセンター試験データ、独立行政法人大学入試センター
http://www.dnc.ac.jp/old_data/olddata_index.html
- 11) 「過去の学習指導要領」教育情報ナショナルセンター
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/link/index.htm
<http://www.nicer.go.jp/guideline/old/>
- 12) 化学便覧 改訂5版、基礎編、日本化学会編、
- 13) 沖久也・伊藤誠一、福井大学教育学部紀要IV (教育科学) 第37巻、1987、p.17-28

「資料」

<溶解・溶液に関する調査>

これは「溶解・溶液」に関する調査です。ご協力をお願いします。

この調査は、テストではないのであなたの思っているとおりに教えてください。

人と相談したりしないようにしてください。

Q1, あなたは、理科は好きですか? A1 好き・嫌い

Q2, 高校時に化学を履修しましたか? A2 はい・いいえ

Q3, 次のようにして食塩水溶液を作りました。ビーカー内の溶液をほぼ3等分して、**上部・中部・下部**に分けた場合、その濃度はそれぞれどのようなになっていると思いますか?

ただし、各実験はすべて**温度一定の条件下**で行ったものとします。

(1) 食塩を適当量ビーカーに入れ、水を静かに注ぎ込んだ後数分間経過した水溶液。

(かきまぜてない水溶液)

- a) 食塩の沈殿が残らなかった場合
- b) 大部分が沈殿したまま残っていた場合

(2) 食塩を適当量ビーカーに入れ、水を注いだ後**数時間十分にかき混ぜた**水溶液。

(かきまぜた水溶液)

- a) 食塩の沈殿が残らなかった場合
- b) 大部分が沈殿したまま残っていた場合

(3) (2)の水溶液に蒸発を防ぐために密栓をし、その後放置した水溶液。

(充分にかきまぜた後に放置する水溶液)

- a) 地球上で一日後の濃度
- b) 地球上で一週間後の濃度
- c) **無重力状態の宇宙**で一週間後の濃度

Q4, 溶解について考えやイメージ・調査に対する感想など

ご協力ありがとうございました。